

① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 2631907 C2

⑤ Int. Cl. 3:
F 16 C 33/12
B 32 B 15/16

⑳ Aktenzeichen: P 26 31 907.3-12
㉑ Anmeldetag: 15. 7. 76
㉒ Offenlegungstag: 10. 2. 77
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 10. 83

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
08.08.75 JP P96325-75

⑦③ Patentinhaber:
Daido Metal Co. Ltd., Nagoya, JP

⑦④ Vertreter:
Eitle, W., Dipl.-Ing.; Hoffmann, K., Dipl.-Ing.
Dr.rer.nat.; Lehn, W., Dipl.-Ing.; Fuchsle, K.,
Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

⑦② Erfinder:
Mori, Sanae, Nagoya, JP

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

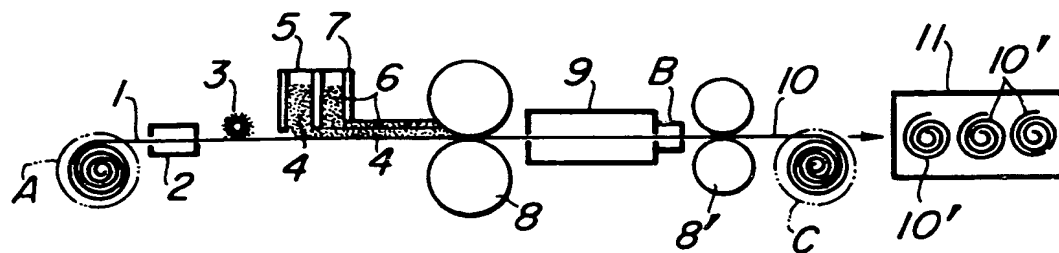
DE-PS 9 17 227
DE-AS 12 52 514
DE-OS 17 75 322
US 30 94 415
US 28 12 567
JP 45 445-7
JP 21 122-6
JP 20 330-6
JP 9 056-6

DE-AN U155 XII/47b-11.06.52;
Mechanical Engineering, Nov.73, S.27-31;
Schmiertechnik Tribologie 2/71, S.76-80;
VDI-Berichte Nr.111, 1966, S.63-66;

⑤④ Verfahren zur Herstellung eines Gleitmaterials

DE 2631907 C2

FIG. 1



Patentsprüche:

1. Verfahren zur Herstellung eines aus mehreren miteinander verbundenen Schichten bestehenden Gleitmaterials aus einer Stahlplatte oder einer plattierten Stahlplatte als Unterlage, einer darauf befindlichen gesinterten Zwischenschicht aus Aluminium oder überwiegend Aluminium und einer ein- oder zweischichtigen gesinterten Oberflächenschicht aus einer Legierung mit Aluminium als Hauptkomponente, wobei in der Oberflächenschicht 2 bis 40 Gew.-% Schmieradditive, wie beispielsweise Antimon, Blei, Zinn, Wismut, Cadmium, Tellur, Thallium und Indium, im wesentlichen gleichförmig dispergiert sind und die Zwischenschicht entweder keine Schmieradditive oder die gleichen wie die Oberflächenschicht, jedoch in geringeren Anteilen enthält, bei dem auf die gereinigte und/oder aufgerauhte Unterlage die Zwischenschicht und die Oberflächenschicht aufgewalzt werden und bei dem eine Sinterung dieser Schichten erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht und die Oberflächenschicht in der Form eines Pulvergemisches ihrer Komponenten nacheinander auf die Unterlage aufgetragen und in einem Kaltwalzvorgang auf eine höhere Dichte als 90% gebracht werden, worauf die Sinterung des verdichteten Materials bei 280—520° C durchgeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch die Verwendung von Metallsulfiden, Metalloxiden, Metallfluoriden, Graphit, intermetallischen Verbindungen, Bornitrid, Polytetrafluorethylen, fluordisiertem Graphit und/oder Kohlenstoffasern als Schmieradditive.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch die zusätzliche Verwendung eines oder mehrerer Elemente, wie Kupfer, Nickel, Magnesium, Zink und Silizium in Anteilen von 0,1 bis 15 Gew.-% als die Festigkeit der Aluminiummatrix verbessernde Zusätze in mindestens einer der auf die Unterlage aufgetragenen Schichten.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines aus mehreren miteinander verbundenen Schichten bestehenden Gleitmaterials aus einer Stahlplatte oder einer plattierten Stahlplatte als Unterlage, einer darauf befindlichen gesinterten Zwischenschicht aus Aluminium oder überwiegend Aluminium und einer ein- oder zweischichtigen gesinterten Oberflächenschicht aus einer Legierung mit Aluminium als Hauptkomponente, wobei in der Oberflächenschicht 2 bis 40 Gew.-% Schmieradditive, wie beispielsweise Antimon, Blei, Zinn, Wismut, Cadmium, Tellur, Thallium und Indium, im wesentlichen gleichförmig dispergiert sind und die Zwischenschicht entweder keine Schmieradditive oder die gleichen wie die Oberflächenschicht, jedoch in geringeren Anteilen enthält, bei dem auf die gereinigte und/oder aufgerauhte Unterlage die Zwischenschicht und die Oberflächenschicht aufgewalzt werden und bei dem eine Sinterung dieser Schichten erfolgt.

Zusammengesetzte Materialien für Lager und Verfahren zu ihrer Herstellung nach der Pulvermetallurgie-

technik sind z. B. in den folgenden Druckschriften beschrieben: JP-AS 21 122/65, 45 445/74, 9 056/64 und 20 330/64 sowie US-PS 28 12 567 und 30 94 415.

Die in den JP-AS 21 112/65 und 45 445/74 beschriebenen Produkte weisen jedoch die folgenden Nachteile auf:

- (a) Während des Verwalzens des Metallpulvers erfolgt eine Ribbildung am Ende bzw. am Rand der mit dem Pulver beladenen Platte, was zu einer verminderten Ausbeute an dem Endprodukt führt.
- (b) Aufgrund der angewandten Technik, bei der zwei oder drei Schichten während des Verwalzungsprozesses der Pulver gebildet werden, treten oftmals Probleme hinsichtlich der Dickenkontrolle der zugeführten Pulverschicht auf. Diese Technik ist daher in bezug auf den Herstellungsprozeß komplizierter und kostenaufwendiger, als wenn das Metallpulver direkt auf eine Stahlplatte aufgelegt und darauf verteilt wird.
- (c) Wenn eine Legierungsplatte zusammen mit einer damit zu verbindenden Stahlplatte verwalzt wird, kann sie mit der Stahlplatte nur dann verbunden werden, wenn sie um mehr als 40% der ursprünglichen Länge verlängert wird. Wenn ein Pulver aus einem weichen Metall, wie z. B. Blei, etc., verwendet wird, dann streckt sich dieses wie ein Garn, ohne daß es mit der Stahlplatte verbunden wird. Die so hergestellten Produkte können daher aufgrund von Spannungskonzentrationen versagen, wenn sie in der Praxis verwendet werden.

Bei dem vorstehend erwähnten Stand der Technik zeigen sich die folgenden Nachteile:

- (d) Da ein Metallpulver in einer einzigen Schicht verteilt und bei erhöhter Temperatur verwalzt wird, neigen weiche Metalle, wie z. B. Blei, etc., dazu, in der an die Stahlplatte anliegenden Grenzschicht abgeschieden zu werden, wodurch eine Verminderung der Adhäsion bewirkt wird.
- (e) Ein Pulver aus einem weichen Metall, wie z. B. Blei, dehnt sich während des Walzens bei erhöhter Temperatur, wie vorstehend beschrieben, zu einem Garn aus, so daß es hier aufgrund von Spannungskonzentrationen leicht zu Versagungserscheinungen kommen kann.
- (f) Da es erforderlich ist, das Rohmaterial unter Aufrechterhaltung des Pulverzustandes auf eine erhöhte Temperatur zu erhitzen, sollte das Material in einer nichtoxidierenden oder reduzierenden Atmosphäre gehalten werden. Auch hierdurch wird der Herstellungsprozeß komplizierter und teurer.

DE-OS 17 75 322 beschreibt Gleitlager, wobei zur Herstellung der oberen Schicht(en) Legierungspulver verwendet werden. Gemäß dem Verfahren der DE-OS werden Grundsicht, Lagerschicht sowie eine entfernbare Schicht durch gleichzeitiges Zusammenpressen zwischen Druckwalzen geformt, anschließend gesintert und dann auf die als Träger dienende Stahlschicht aufgewalzt. Während des Walzvorganges wird das sich in der Legierungsplatte befindliche Metallpulver von niederem Schmelzpunkt zu länglichen, fadenförmigen Gebilden gepreßt, die Anlaß zur Ribbildung geben können und zu einer geringeren mechanischen Festigkeit sowie zur Tendenz einer Abtrennung der Legierungsschicht von der Stahlschicht führen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines aus mehreren miteinander

verbundenen Schichten bestehenden Gleitmaterials der eingangs umrissenen Art zur Verfügung zu stellen, das gegenüber der Stahlunterlage und Schichten aus Metallpulver eine sehr hohe Adhäsionsfähigkeit, eine hohe Ermüdungsfestigkeit sowie ausgezeichnete Oberflächeneigenschaften aufweist, wodurch die Nachteile der bekannten Verfahren vermieden werden.

Die vorstehende Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die gekennzeichneten Merkmale des Hauptanspruchs gelöst.

Unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die folgenden Vorteile erzielt:

1. Erhalt einer hohen Bindungsfestigkeit, da für die Zwischenschicht ein Metallpulver mit einer guten Adhäsion auf der Stahlplatte verwendet wird.
2. Das Aufbringen des Metallpulvers und das anfängliche Verwalzen wird bei niedrigen Temperaturen durchgeführt. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren dehnt sich pulverförmiges Material mit niedriger Schmelztemperatur, wie z. B. Blei, etc., nicht nach Art eines Garnes aus, sondern das gepulverte Material liegt im wesentlichen gleichförmig dispergiert in Form von länglichen Körnern vor, so daß für praktische Zwecke eine ausgezeichnete Ermüdungsfestigkeit erhalten wird.
3. Für die Herstellung der gewalzten Metallpulverplatte ist weder ein spezieller Prozeß vorgesehen, noch ist weiterhin ein Erhitzen bei erhöhter Temperatur erforderlich, um das Metallpulver, das mit der Stahlplatte verbunden werden soll, zu verwalzen. Es ist nicht erforderlich, komplizierte und teure Einrichtungen zur Kontrolle der Atmosphäre sowie der Produktionslinie vorzusehen. Hierdurch werden die Herstellungskosten verringert.
4. Da während des Pulverfahrens keine Fehlfunktionen, wie z. B. ein End- und Kantenreißen, auftreten, ist eine hohe Ausbeute der Endprodukte zu erwarten.
5. Das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Produkt verfügt über ausgezeichnete Festigkeits- und Oberflächeneigenschaften.

Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Herstellungslinie gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 2 bis 4 Mikrophotographien von erfindungsgemäßen Materialien, die in Walzrichtung mit einer 100-fachen Vergrößerung aufgenommen worden sind;

Fig. 5 und 6 Mikrostrukturen der erfindungsgemäßen Materialien, die beide die Struktur eines Querschnitts, aufgenommen parallel zu der Längsrichtung des Streifens, zeigen, und

Fig. 7 eine Mikrophotographie eines herkömmlichen Materials, das nach dem herkömmlichen Verfahren hergestellt worden ist, aufgenommen in Walzrichtung und mit 100facher Vergrößerung.

Fig. 1 zeigt schematisch die Durchführung eines Verfahrens zur Herstellung des erfindungsgemäßen, aus mehreren miteinander verbundenen Schichten bestehenden Gleitmaterials. Auf einer Abwicklungsspule A (Zuführungsquelle für die Stahlplatte) ist ein Streifen einer Stahlplatte 1 in Form einer Spule vorgesehen. Die chemische Zusammensetzung der Stahlplatte entspricht derjenigen von gewöhnlichem kohlenstoffarmen Stahl (z. B. SPCE-Stahl gemäß der JIS-Norm G-3141). Der Stahlstreifen 1 wird abgewickelt und

durch eine Entfettungskammer 2 geleitet, worin ein Reinigungsmittel, z. B. Trichloräthylen, verwendet wird, so daß Schmutzstoffe von dem Stahlstreifen entfernt werden. Der Stahlstreifen 1 gelangt dann zu der Drahtbürste 3, wo die zu verbindende Oberfläche durch die Bürste abgebürstet wird. Nach Beendigung dieser Vorbereitungsbehandlung des Stahlstreifens 1 wird durch einen ersten Fülltrichter 5 Metallpulver zur Bildung der Zwischenschicht gemäß Tabelle I auf den Stahlstreifen 1 aufgelegt und darauf verteilt. Sodann wird auf der Zwischenschicht durch den zweiten Fülltrichter 7 Pulvermetall für die Oberflächenschicht mit der chemischen Zusammensetzung gemäß Tabelle II ausgebreitet. Entsprechend der optimalen Dicke für den vorgesehenen Zweck wird die Pulvermenge, die für die einzelnen Schichten verteilt werden soll, so ausgewählt, daß die Zwischenschicht im Zustand des fertigen Bimetallprodukts 0,01 bis 0,25 mm dick ist, während die Oberflächenschicht 0,15 bis 1,5 mm dick ist. Wenn die Verteilung des Metallpulvers in der obigen Weise beendet worden ist, dann wird der Stahlstreifen 1 durch den Spalt der Walzen der Walzenmühle 8 geleitet, worauf der mit dem Metallpulver beladene Stahlstreifen 1 einem Herabwalzen unterworfen wird, bis die mittlere Dichte des verteilten Metallpulvers höher ist als 90% der theoretischen Dichte des betreffenden Metallpulvers. Zu diesem Zeitpunkt wird festgestellt, daß die Oberfläche der Oberflächenschicht eine metallische Färbung zeigt. Das gewalzte und verbundene Material wird in den Sinterofen 9 geleitet, worin es während des Durchlaufs gesintert wird. Bei diesem Sinterungsprozeß wurden drei unterschiedliche Arten von Atmosphären, d. h. ein Crackgas von NH_3 , N_2 -Gas und normale Luft, verwendet. Es wurden jedoch, insbesondere im Hinblick auf die physikalischen Eigenschaften des Produkts, keine signifikanten Unterschiede beobachtet. Schließlich wurde festgestellt, daß die geeignete Sinterungstemperatur für das Material vorzugsweise 350 bis 450°C ist, wenn man chemische Zusammensetzungen gemäß Tabelle I und II verwendet. Naturgemäß kann diese Temperatur je nach der chemischen Zusammensetzung des zu sinternden Materials bis zu einem gewissen Ausmaß variieren.

Die Sinterungszeit variiert je nach der Kapazität des SinterungsOfens, des Volumens des eingebrachten Materials und dergleichen. Im allgemeinen ist das Sintern innerhalb einer kurzen Zeitspanne beendet, wenn man bei erhöhter Temperatur sintert. Wenn man das Sintern während einer kurzen Zeitspanne und bei niedrigerer Temperatur durchführt, dann ist das Ausmaß der Sinterung nicht ausreichend. Wenn man andererseits das Sintern über einen langen Zeitraum bei höherer Temperatur vornimmt, dann wird das gesinterte Pulver stärker metallisch. In diesem Fall können jedoch spröde intermetallische Verbindungen zwischen der Sinterschicht und dem Stahlstreifen 1 wachsen und außerdem kann Metall mit niedriger Schmelztemperatur teilweise auf der Oberfläche des gesinterten Streifens zum Schmelzen kommen. Es ist daher erforderlich, das Sintern bei gut ausgewählten Bedingungen vorzunehmen, die anhand der obigen Gesichtspunkte festgelegt werden.

Hierauf läuft der auf diese Weise gesinterte Streifen durch eine Kühlzone B, und er wird weiterhin zu einer Walzmühle 8' geleitet, worin der Streifen zwischen den Walzen der Mühle 8' zu einer vorgewählten Dicke fertiggewalzt wird. Das Ausmaß der Kaltquerschnittsverminderung in der Walzmühle 8' wird entsprechend der

Art des zu verwalzenden Streifens gewählt. Wenn eine zu hohe Querschnittsverminderungsrate angewendet wird, dann erfolgt eine erhebliche Arbeitserhärtung der Stahlplatte, wodurch alle nachfolgenden Bearbeitungsstufen nur mit Schwierigkeiten durchgeführt werden können. 5

Da die Materialien dazu neigen, gegen die Seite der Stahlplatte gebogen zu werden, wenn sie in der vorgenannten Wiederwalzmühle 8' behandelt werden, ist am Auslaß der Walzmühle 8' ein Satz von Ausrichtungsführungswalzen (nicht gezeigt) angebracht. Nunmehr wird das dreischichtige Lagermaterial 10, das fertig bearbeitet worden ist, durch die Führungswalze auf einer Aufspuleinrichtung C aufgespult. Hierauf wird das aufgespulte dreischichtige Lagermaterial 10 in einem Vergütungssofen 11 4 h lang bei 370° C vergütet, so daß ein Trimetallprodukt 10' erhalten wird. Hinsichtlich der Vergütungsbedingungen hat jedoch eine Vielzahl von Versuchen gezeigt, daß diese auf die physikalischen Eigenschaften der Produkte nur einen geringen Einfluß ausüben. 10 15 20

Hinsichtlich des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung ist auch noch folgendes zu beachten:

1. Bei der oben gezeigten Ausführungsform der Erfindung wurde ein Stahlstreifen 1 gemäß der JIS-Norm G-3141 verwendet. Naturgemäß ist es nicht erforderlich, einen SPCE-Stahl zu verwenden, da auch Streifen sowie geschnittene Bleche aus anderen Stahllarten, z. B. Edelstahl, Stahl mit hoher Zugfestigkeit etc., verwendet werden können. Auch kann der Stahlstreifen 1 mit Ni oder Co plattiert werden, wie es nachfolgend näher erläutert wird. 25 30
2. In der Entfettungskammer (Reinigungskammer) 2 wird Trichloräthylendampf angewendet. Es kann auch jedes beliebige andere Lösungsmittel verwendet werden, das zum Oberflächenreinigen geeignet ist. 35
3. Als Werkzeuge zum Bürsten der Oberfläche der zu bindenden Stahlplatte wurden bei der obigen Ausführungsform Drahtbürsten verwendet. Es können jedoch auch andere Maßnahmen, z. B. Abbrennen, Kugelstrahlen und dergleichen, anstelle des Bürstens verwendet werden. 40
4. Das Reinigen in der Entfettungskammer und/oder das Abschleifen mittels einer Drahtbürste kann auch zuvor in einem gesonderten Vorgang durchgeführt werden. Weiterhin kann sowohl die Entfettungskammer als auch die Behandlung mit der Drahtbürste eliminiert werden. So ist es z. B. nicht erforderlich, einen Stahlstreifen 1 oder eine Stahlplatte, die gerade zuvor nickelplattiert worden ist, in der Entfettungskammer zu reinigen. 45 50
5. Im Hinblick auf die chemische Zusammensetzung der Zwischenschicht ist reines Aluminium aufgrund seiner optimalen Haftungsfähigkeit auf der Stahlplatte am meisten zu bevorzugen. Im Hinblick auf die Verbesserung der Festigkeit ist es jedoch vorzuziehen, andere Elemente, z. B. Cu, Ni, Si, Mg, Zn etc., zuzufügen. 55 60
6. Als Additiv für die erste Schicht können feste Schmiermittel, z. B. Metallsulfide, intermetallische Verbindungen, Metalloxide, Metallfluoride, Graphit, Bornitrid, Polytetrafluorethylen, fluorisierter Graphit, Kohlenstoffasern etc. und Schmiermittel aus Metallpulvern mit niedriger Schmelztemperatur, z. B. aus Sn, Pb, Bi, Cd, Sb, Te, Ti, In etc., verwendet werden. 65

7. In der Walzmühle 8 wird das Kaltwalzen bei einer niedrigeren Temperatur durchgeführt. Durch die Bezeichnung »Kaltwalzen« soll aber jede Walzarbeit verstanden werden, die im Temperaturbereich von Raumtemperatur bis zur Rekristallisationstemperatur des Aluminiums, d. h. höchstens von 260° C, durchgeführt wird. Normalerweise wird das Walzen bei Raumtemperatur durchgeführt, doch wird, wenn die Metallisierung schwierig ist, bei höheren Temperaturen bis zu 260° C gearbeitet. Es ist jedoch zu beachten, daß diese Art und Weise des Walzens es gestattet, daß weiche Metalle, z. B. Blei und dergleichen, sich leicht dehnen (was jedoch in keiner Weise die Verwendbarkeit dieser Materialien beeinträchtigt), und auf der anderen Seite eine langsame Oxidation des Materials bis zu einem gewissen Ausmaß fördert. Diese Gesichtspunkte erfordern eine gewisse Aufmerksamkeit z. B. dahingehend, daß man die Walzarbeit in einer kontrollierten Atmosphäre durchführt.
8. Wenn die Querschnittsverminderungsrate in der Walzmühle 8' so bemessen ist, daß das gewalzte Material eine Dichte von weniger als 90% der theoretischen Dichte des verteilten Metallpulvers hat, dann nimmt das Material keine Schicht aus einer Metallegierung an, und zwar selbst dann nicht, wenn es in dem Sinterungssofen 9 gesintert wird. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Film aus Aluminiumoxid während des Walzvorgangs nicht ausreichend aufgebrochen worden ist.
9. Das Sintern soll in dem Sinterungssofen 9 bei einer Temperatur von 280 bis 520° C durchgeführt werden. Dieser Temperaturbereich ist auf folgende Umstände zurückzuführen: Wenn das Sintern bei einer Temperatur unterhalb 280° C erfolgt, dann kann die Diffusion nicht ausreichend fortschreiten, was eine schwache Bindung der einzelnen Körner des Metallpulvers ergibt. Selbst dann, wenn ein Metallpulver mit guten Diffusionseigenschaften speziell ausgewählt wird, ist immer noch zum Sintern bei einer solch niedrigen Temperatur ein zu großer Zeitraum erforderlich, was für den praktischen Betrieb nicht zweckmäßig ist. Wenn andererseits das Sintern bei einer Temperatur von mehr als 520° C durchgeführt wird, dann erfolgt eine positive Aktivierung, wodurch bewirkt wird, daß sich die Stahlplatte oder die Schicht des plattierten Materials mit dem Metallpulver unter Bildung einer dazwischen liegenden intermetallischen Verbindung umsetzt. Naturgemäß sollte man hierbei die Korrelation zur Länge der Sinterungszeit in Betracht ziehen. So wird z. B. bei einer Stahlplatte ohne Plattierungsschicht eine brüchige Verbindung, z. B. Fe₂Al₃, erzeugt, wenn man 1 h bei einer Temperatur von mehr als 460° C sintert, so daß die Bindungskraft erheblich vermindert wird. Weiterhin wird beispielsweise bei einer mit Nickel plattierten Stahlplatte festgestellt, daß ein einstündiges Sintern oberhalb 460° C keine nennenswerte Bildung oder kein nennenswertes Wachstum einer brüchigen Verbindung bewirkt, vorausgesetzt, daß die Sinterungstemperatur unterhalb 520° C gehalten wird.
10. Als Atmosphäre im Sinterungssofen 9 kann Luft verwendet werden, wenn die Legierung so ausgewählt wird, daß das Sintern bei niedriger Temperatur vervollständigt wird. Wenn jedoch ein Sintern bei erhöhter Temperatur erforderlich ist, dann wird es

bevorzugt, die Atmosphäre eines nichtoxidierenden Gases oder eines reduzierenden Gases zu verwenden. Hinsichtlich der Heizeinrichtung kann jede geeignete Art von Gaserhitzung, elektrischer Widerstandsheizung oder Hochfrequenzinduktionsheizung frei entsprechend dem Installationsort, den wirtschaftlichen Bedingungen etc. ausgewählt werden. In manchen Fällen ist eine Vorwärmung auf eine Temperatur von weniger als 280° C erforderlich, da ein zu rasches Erhitzen ein Quellen des Materials bewirken kann, wodurch sich möglicherweise ein Sintermaterial-Ausschuß ergibt.

11. Normalerweise ist der Sinterungs-Ofen mit einer Abkühlungszone *B* versehen. Es ist jedoch auch eine Ausführungsform ohne eine solche Abkühlungszone *B* möglich, bei der ein Auskleidungsmaterial bei einer Temperatur oberhalb Raumtemperatur übertragen und sodann in der Walzmühle 8' heißgewalzt wird, je nach Gestalt und Installation der Einrichtungen. Insbesondere in Fällen von Legierungen, die schwierig zu metallisieren sind, ist ein Heißwalzen vorzuziehen.
12. Der Sinterungs-Ofen 9 muß nicht vom kontinuierlichen Typ sein, wie er in der Zeichnung dargestellt ist. Vielmehr kann er auch vom absatzweise arbeitenden Typ sein. Eine weitere geeignete Anordnung besteht z. B. darin, daß das Material durch einen kontinuierlichen Ofen läuft, sodann aufgespult und schließlich in einem absatzweise arbeitenden Sinterungs-Ofen gesintert wird.
13. Die Walzmühle 8' ist weiterhin so ausgebildet, daß sie das gesinterte Material verdichten kann und dieses vorgewählte Dimensionen hat. Wenn es hauptsächlich beabsichtigt ist, die erforderlichen Dimensionen genau zu gewährleisten, dann ist ein Kaltwalzen vorzuziehen, doch kann das Material heißgewalzt werden, wenn der Hauptzweck darin besteht, es dichter zu machen.
14. Gewöhnlich wird eine Zweistufenwalze als Walzmühle 8 und 8' verwendet. Wenn Produkte mit höherer Qualität erforderlich sind, dann ist eine vielstufige Mühle vorteilhafter. Um weiterhin die Dichte des Materials zu verbessern, kann der Durchmesser der oberen Walze der Mühle 8, 8' kleiner sein als derjenige der unteren Walze, oder die Rotationsgeschwindigkeit der oberen Walze, kann geringer sein als diejenige der unteren Walze oder die obere Walze kann so konstruiert sein, daß sie nicht angetrieben wird.
15. Eine Aufspulungseinrichtung *C* wird verwendet, um das vielschichtige Material in Form einer Spule nach dem Walzen aufzuwickeln. Im Falle einer Aufspulungseinrichtung mit geringerem Durchmesser ist es empfehlenswert, das Material in entgegengesetzter Richtung, wie in Fig. 1 gezeigt wird, aufzuwickeln, wobei erwartet werden kann, daß diese Maßnahme auf die Oberfläche der Legierung wenig schädliche Effekte ausübt.
16. Ein Vergütungs-Ofen ist vorgesehen, um die Spannungen in der arbeitsgehärteten Aluminiumlegierungsschicht des vielschichtigen Materials 10 zu mindern, die durch die vorhergehende Stufe bewirkt worden sind. Der Ofen dient auch zur Stabilisierung der Härte des Materials sowie zur Verbesserung seiner Haftung an der Stahlplatte. Gewöhnlich wird der Ofen 11 im Temperaturbereich von 280 bis 520° C betrieben, obgleich die Arbeitstem-

peratur des Ofens 11 entsprechend den Legierungselementen des Materials, der Art der Stahlplatte (z. B. nickelplattiert oder nicht) und dem vorgesehenen Zweck der Endprodukte variieren kann. In Fig. 1 ist ein absatzweise arbeitender Vergütungs-Ofen 11 dargestellt. Naturgemäß kann genauso gut ein kontinuierlich arbeitender Ofen verwendet werden. Die Atmosphäre in dem Vergütungs-Ofen kann Luft, eine nichtoxidierende oder eine reduzierende Atmosphäre sein. Sie kann entsprechend den Bedingungen des zu vergütenden Materials und der Arbeitstemperatur ausgewählt werden.

17. Die Bearbeitungsstufen in der Walzmühle 8' und dem Vergütungs-Ofen 11 können je nach dem vorgesehenen Verwendungszweck der Endprodukte auch weggelassen werden. Andererseits können aber auch die Bearbeitungsstufen des Walzens und der nachfolgenden Vergütung oftmals wiederholt werden, so daß eine dichtere Struktur und vorbestimmte Dimensionen des Materials gewährleistet werden. In diesem Zusammenhang wurde festgestellt, daß, wenn die Gesamtquerschnittsverminderung des Unterlagematerials über 55% im Falle einer wiederholten Walzarbeit hinausgeht, eine erhebliche Bearbeitungshärtung beobachtet wird und daß als Ergebnis nachfolgende Bearbeitungen erheblich erschwert werden. Daher sollte das Gesamtquerschnittsverminderungsverhältnis des Unterlagematerials immer unterhalb 55% gehalten werden.

Im folgenden soll das vielschichtige Gleitmaterial gemäß der Erfindung insbesondere hinsichtlich seiner Struktur anhand der Fig. 2 bis 6 näher erläutert werden. Dabei wird auch auf zusätzliche Erwägungen im Verlauf der Herstellung Bezug genommen.

Die Fig. 5 und 6 zeigen die Struktur eines Streifens eines erfindungsgemäßen vielschichtigen Gleitmaterials, das in Längsrichtung geschnitten ist. In Fig. 5 bedeutet 1 eine Stahlplatte, wobei gewöhnlich für diese Stahlplatte 1 kohlenstoffarmer Stahl verwendet wird. Es kann aber auch eine Platte aus Spezialstahl, z. B. Edelstahl, Stahl mit hoher Zugfestigkeit etc., verwendet werden. 4' bedeutet eine Zwischenschicht, die Aluminium als Hauptkomponente enthält. Dieses Aluminium enthält weder festes Schmiermittel noch ein zusätzliches Schmiermittel aus einem Metallpulver mit niedrigem Schmelzpunkt, oder es enthält diese Stoffe nur in geringeren Mengen, als wie sie in der Oberflächenschicht 6' enthalten sind. Weiterhin können zusätzliche Elemente, z. B. Cu, Ni, Si, Mg, Zn etc., die die physikalischen Eigenschaften des Aluminiums verbessern können, zu der Aluminiumschicht in Mengen von 0,1 bis 15 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtmenge der ganzen Oberflächenschicht (Legierungsschicht), zugesetzt werden.

Diese Additivelemente können nicht wirksam sein, wenn sie in Mengen von weniger als 0,1 Gew.-% zugesetzt werden. Wenn andererseits die zugegebene Menge über 15 Gew.-% hinausgeht, dann wird das Material zu spröde, als daß es in der Praxis verwendet werden könnte. Wenn diese Elemente zugesetzt werden, dann sollte die Zugabemenge zu jedem Zeitpunkt im Bereich von 0,1 bis 15 Gew.-%, bezogen auf die Gesamtlegierungsschicht, liegen. 6' bedeutet eine Oberflächenschicht (Legierungsschicht), die ein oder mehrere der festen Schmiermittel und Schmiermittel aus einem Metallpulver mit niedrigem Schmelzpunkt in einer

Gesamtmenge von 2 bis 40 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Legierungsschicht, enthält. Die Matrix der Oberflächenschicht des Aluminiums kann auch eines oder mehrere der obengenannten Elemente, z. B. Cu, Ni, Si, Mg, Zn etc., enthalten, die alle die physikalischen Eigenschaften des Aluminiums verbessern. Der Anteil dieser Elemente beträgt 0,1 bis 15 Gew.-%, bezogen auf die gesamte Legierungsschicht.

Hinsichtlich des obigen Punkts 6 ist festzustellen, daß das Metallsulfid MoS_2 , PbS und dergleichen bedeuten soll, daß die genannten intermetallischen Verbindungen MoSe_2 , WTe_2 , Mn_3Si_2 bedeuten sollen, daß die Metalloxide PbO , Pb_3O_4 , TiO_2 , CdO und dergleichen bedeuten sollen und daß die Metallfluoride CdF_2 , BaF_2 , PbF_2 und dergleichen bedeuten sollen. Weitere Materialien, die als feste Schmiermittel wirken, z. B. Talk, Glimmer, Jodide, Bromide, Kunststoffe, Metallseifen, Glasfasern etc., können ebenfalls in typischer Weise verwendet werden.

Der maximale Schmiermittelgehalt in der Oberflächenschicht 6' sollte mit 40% spezifiziert werden, da die mechanischen Eigenschaften der Oberflächenschicht für den praktischen Gebrauch zu schlecht werden, wenn der Schmiermittelgehalt in der Schicht 6' über 40% hinausgeht. Andererseits sollte die untere Grenze 2% betragen, da der vollständige Effekt der Schmiermittelzugabe nicht erhalten werden kann, wenn der Schmiermittelgehalt weniger als 2% beträgt.

Es sollte beachtet werden, daß die Komponente, die zu der Oberflächenschicht 6' (Legierungsschicht) gegeben wird, in Form eines vorlegierten Metallpulvers, das gesintert werden soll, verwendet werden kann. Die Komponenten, die in Form eines vorlegierten Pulvers verfügbar sein können, variieren in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzungen der beabsichtigten Legierung, der beabsichtigten Struktur sowie vom Verwendungsort der Endprodukte. Naturgemäß sollten Metalle, die nicht legiert werden können, in Form eines Pulvergemisches verwendet werden.

Die Fig. 6 stellt eine modifizierte Ausführungsform eines vielschichtigen Gleitmaterials gemäß Fig. 5 dar, worin E ein plattierte Ni-Schicht angibt. Außer mit Ni kann die Schicht auch mit Co, Co-P, Ag etc. gebildet sein. Eine solche Plattierung wird angewendet, wenn die in der ersten Schicht 4' verwendete Komponente nicht dazu imstande ist, eine stabile Bindung mit der Stahlplatte zu bilden, oder wenn die Sinterung bei erheblich hoher Temperatur beabsichtigt wird. So wird z. B. eine spröde intermetallische Verbindung, z. B. Fe_2Al_3 , gebildet, wenn das Sintern ohne Plattierungsschicht bei 460°C durchgeführt wird. Andererseits bildet sich selbst bei erhöhter Sinterungstemperatur kein NiAl_3 , wenn das Material mit Ni plattiert ist. Wenn jedoch das Sintern bei einer Temperatur oberhalb 520°C durchgeführt wird, dann bildet sich sehr aktiv eine spröde intermetallische Verbindung, wodurch eine extrem hohe Verminderung der Adhäsionsfähigkeit bewirkt wird. Die Bezugszeichen 6'' und 6''' bedeuten beide Oberflächenschichten (Legierungsschichten). Solche Oberflächenschichten, die aus zwei Schichten zusammengesetzt sind, werden hergestellt, um den Erfordernissen eines besseren Einbettverhaltens und einer Beständigkeit gegen Heißadhäsion Genüge zu tun.

Größere Mengen des festen Schmiermittels und des Metallschmiermittels mit niedriger Schmelztemperatur sind in der Legierungsschicht 6''' enthalten als in der Legierungsschicht 6''. Das Material ist daher so konstruiert, daß die Legierungsschicht 6'' die Belastung

trägt, während die Legierungsschicht 6''' für die Anfangseinbettungsperiode und für eine Beständigkeit gegen Heißadhäsion verantwortlich ist. Es sollte jedoch beachtet werden, daß die Gesamtmenge von festem Schmiermittel und Schmiermittel aus einem Pulver mit niedrigem Schmelzpunkt, die zu der Legierungsschicht 6''' gegeben wird, auch in diesem Falle innerhalb des Bereichs von 2 bis 40 Gew.-% liegt.

Die Struktur des erfindungsgemäßen vielschichtigen Gleitmaterials ist nicht auf die Strukturen gemäß Fig. 5 und 6 beschränkt. So kommen alle beliebigen Kombinationen, z. B. Kombinationen aus 1 — 4' — 6'' — 6''' oder 1 — E — 4' — 6', in Betracht.

In Tabelle I sind typische Zusammensetzungen der Zwischenschicht 4' dargestellt, während Tabelle II die Angaben für die Oberflächenschicht 6' (6'', 6''') enthält.

Tabelle I

(in Gew.-%)

Nr.	Cu	Si	Al
1	—	—	100
2	1	—	Rest
3	4	—	Rest
4	—	5	Rest
5	0,8	3	Rest

Tabelle II

(in Gew.-%)

Nr.	Pb	Sn	Cu	Si	Andere	Al
1	8	0,5	1,0	—		Rest
2	12	0,8	0,8	3		Rest
3	12	1,1	0,8	8		Rest
4	12	0,8	0,8	—	Graphit 2%, der Stahl ist mit Ni plattiert	Rest
5	12	0,8	0,8	—	Kohlenstoffasern 2%, der Stahl ist mit Ni plattiert	Rest
6	12	0,8	0,8	—	Mn_3Si_2 2	Rest
7	12	0,8	0,8	—	P.T.F.E. 2	Rest
8	12	0,8	0,8	3	PbO 6	Rest
9	12	0,8	0,8	—	Sb 4	Rest
10	18	1,2	0,8	—		Rest
11	23	1,5	0,8	3		Rest
12	35	2,2	—	—		Rest
13	—	1,0	0,8	3	PbO 20	Rest
14	—	—	0,8	—	PbO 35	Rest

Fast alle Proben gemäß Tabelle I und II werden unter Verwendung von Mischmetallpulver hergestellt durch Vermischen der einzelnen Elemente, jedoch einige auch aus vorlegierten Metallpulvern. Alle Proben gemäß Tabelle I und II stellen lediglich typische Ausführungsformen gemäß der Erfindung dar. Somit sind die chemischen Zusammensetzungen für die Zwischen- und die Oberflächenschicht nicht auf die Werte der Tabelle I und II beschränkt.

Der Grund, warum Pb meistens als Metallpulver mit niedrigem Schmelzpunkt angewendet wird, liegt darin, daß Pb selbst gegenüber anderen Metallen hinsichtlich einer Beständigkeit gegen eine Hochtemperaturadhäsion überlegen ist und daß es gegenüber anderen Metallen, z. B. Sn, Bi, Cd etc., billig ist. Weiterhin wird Sn zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit und Cu zur Erhöhung der Festigkeit der Aluminiummatrix verwendet. Diese Metalle können jedoch durch andere Metalle, z. B. Ni, Mn, Mg, Zn etc., ausgetauscht werden. Hinsichtlich der Legierungsschicht des vielschichtigen Materials mit zwei Schichten 6" und 6'", gezeigt in Fig. 6, ist eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung so beschaffen, daß die Oberflächenschicht 6" aus 10% Pb und zum Rest aus Al zusammengesetzt ist, während die Oberflächenschicht 6'" aus 30% Pb und zum Rest aus Al zusammengesetzt ist.

Die Fig. 2, 3 und 4 zeigen mikroskopische Strukturen einer Probe des vielschichtigen Gleitmaterials gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, aufgenommen mit 100facher Vergrößerung. Die Figuren zeigen Strukturen auf Querschnittsebenen, die parallel zu der Walzrichtung aufgenommen worden sind. Die Zusammensetzung der Proben ist wie folgt:

	1	4'	6'
Probe gemäß Fig. 2 SPCE)	Stahlplatte (JIS, G3141,	Al-0,8 Cu	Al-12 Pb-0,8 Sn-0,8 Cu-3 Si-6 PbO
Probe gemäß Fig. 3 SPCE)	Stahlplatte (JIS, G3141,	Al-0,8 Cu	Al-23 Pb-1,5 Sn-0,8 Cu-3 Si
Probe gemäß Fig. 4 SPCE)	Stahlplatte (JIS, G3141,	Al-0,8 Cu	Al-20 PbO-1 Sn-0,8 Cu-3 Si

In den Mikrophographien der Struktur der Fig. 2 bis 4 sind die graugefärbten quadratischen Kristalle Si, Pb und PbO können gut voneinander unterschieden werden, da letzteres dunkler erscheint als ersteres. Die Grenzgegend zwischen der Z-vischenschicht 4' und der Oberflächenschicht 6' (Legierungsschicht) ist nicht klar zu identifizieren, da beide Schichten aus einem spezifischen Metallpulver darauf verteilt hergestellt sind und da bis zu einem gewissen Ausmaß insbesondere in der Nachbarschaft der Grenzgegend ein Ortsaustausch der

Teilchen erfolgt. In Tabelle III sind die mechanischen Eigenschaften der Proben der obengenannten Ausführungsformen zusammengestellt.

Tabelle III

	Härte der Legierung Hv (S)	Zugfestigkeit der Legierung kg/mm ²	Scherfestigkeit der Bindung kg/mm ²
Probe gemäß Fig. 2	42	11,3	7,2
Probe gemäß Fig. 3	36	9,8	6,8
Probe gemäß Fig. 4	43	11,5	7,0

Aus einem Vergleich der erfindungsgemäßen Materialien mit den Materialien nach dem Stand der Technik, z. B. gemäß der vorstehend zitierten JP-PS 9 056/64, wird ersichtlich, daß die Adhäsionsfähigkeit der erfindungsgemäßen Produkte besser ist als diejenige der bekannten Produkte.

Die Mikrophotographie der Fig. 7 zeigt die Mikrostruktur des Gleitmaterials, das nach dem Verfahren gemäß der JP-AS 21 122/65 hergestellt worden ist. Dieses Material hat die chemische Zusammensetzung gemäß der Probe Nr. 10 der Tabelle II. Das Photo wurde mit 100facher Vergrößerung auf der Querschnittsebene parallel zur Walzrichtung aufgenommen. Aus der Photographie wird ersichtlich, daß sich die Komponente des Metalls mit niedrigem Schmelzpunkt wie Garn erstreckt. Im Gegensatz zu den bekannten Materialien erfolgt bei dem erfindungsgemäß erhaltenen Material keine faserartige bzw. garnartige Ausdehnung der Komponente mit niedrigem Schmelzpunkt. Wie in den Fig. 2 bis 4 gezeigt wird, liegen vielmehr eine große Anzahl von Körnern mit länglicher scharf gepunkteter Gestalt vor, die gleichförmig in der Matrix verteilt sind. Das erfindungsgemäß erhaltene Material hat daher eine höhere Ermüdungsbeständigkeit als das bekannte Material.

Das erfindungsgemäß erhaltene Material ist für eine Vielzahl von Anwendungszwecken geeignet, z. B. für Lager, Büchsen, Schuhe, Gleitplatten und dergleichen, sowie zur Verwendung als Reibungsmaterial und Gleitelemente für elektrische Kollektoren.

FIG. 2

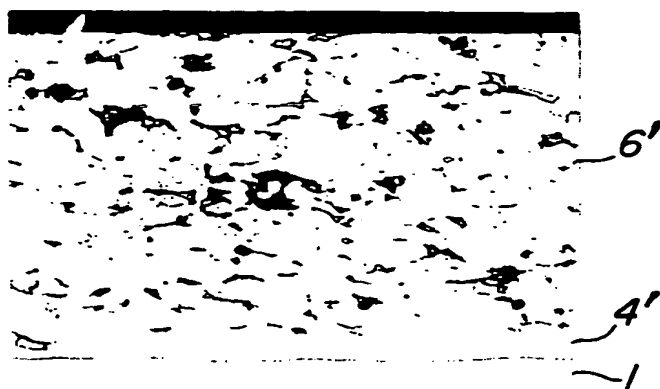


FIG. 3

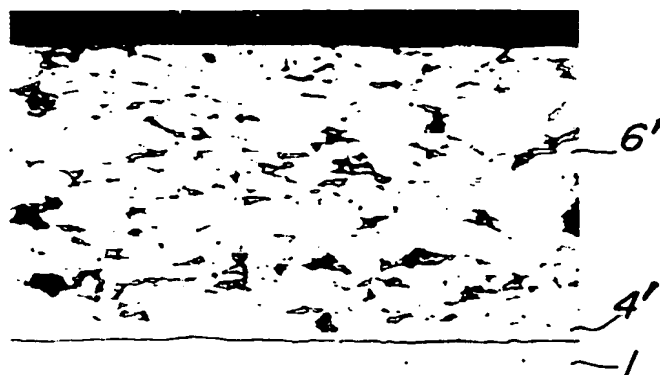


FIG. 4

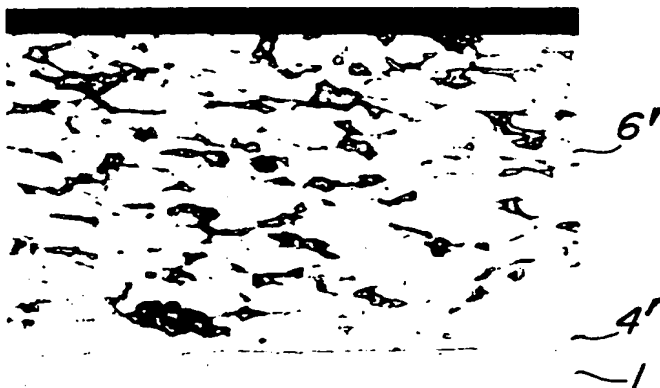


FIG. 5

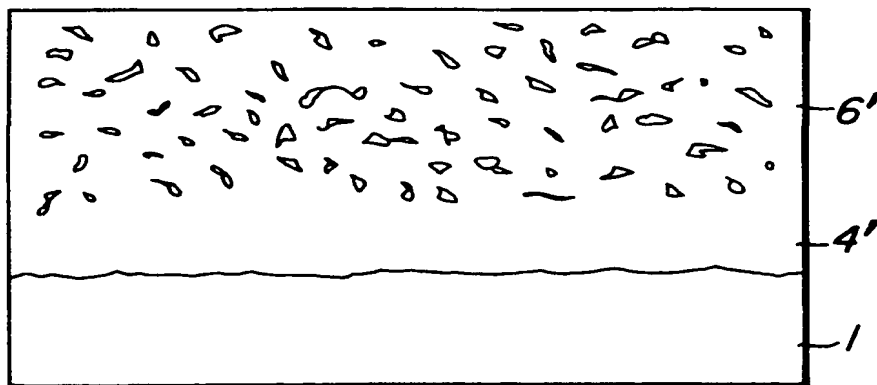


FIG. 6

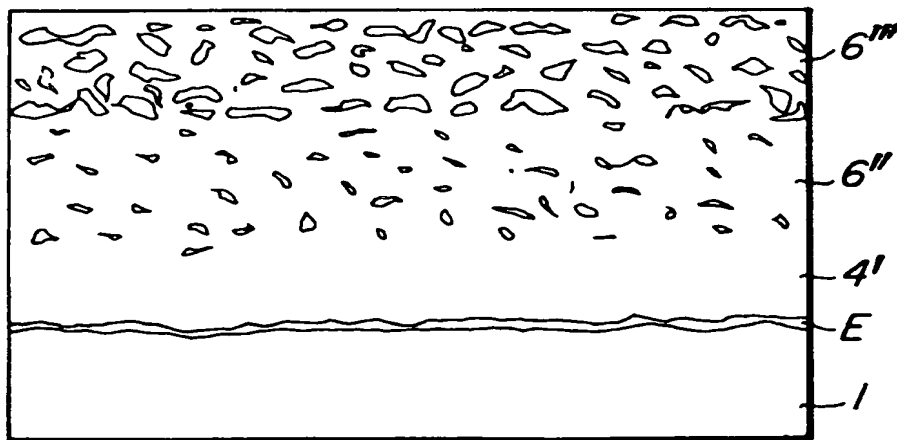
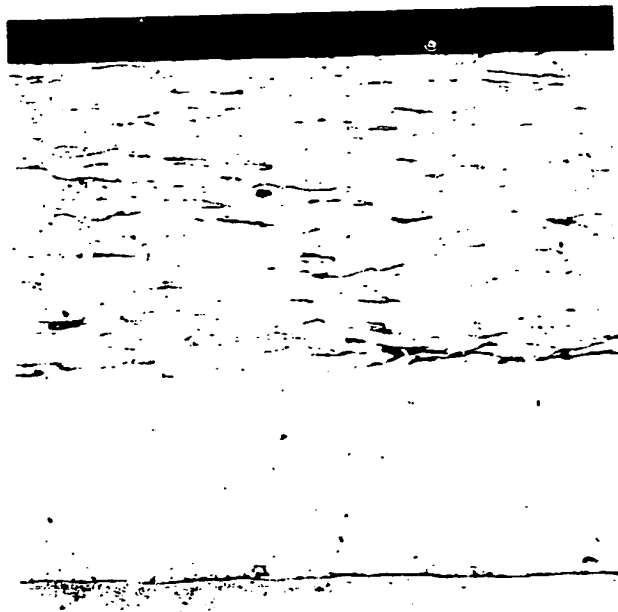


FIG. 7



This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☒ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.